



asuntos críticos de la evolución

Evolución: Hecho y Teoría

Por Richard E. Lenski

Un artículo original de ActionBioscience.org (9/2000)

puntos principales del artículo

La evolución es a la vez hecho y teoría. Ella explica:

- *Los patrones mayores de cambio en la naturaleza*
- *Como ocurrieron esos cambios*
- *La evidencia de los cambios proveniente del registro fósil y de la genética*

▼ artículo

La comprensión científica requiere tanto hechos como teorías que puedan explicar esos hechos en una manera coherente. La evolución es, en este contexto, tanto un hecho como una teoría. Es un hecho incontrovertible que los organismos han cambiado, o evolucionado, durante la historia de la vida en la Tierra. Y los biólogos han identificado los mecanismos que explican los patrones más importantes de esos cambios.

Patrones en la Naturaleza

El campo de la biología evolucionaria busca proveer explicaciones de los cuatro patrones conspicuos que se manifiestan en la naturaleza. Los primeros tres tienen que ver con las especies existentes hoy en día, mientras que el cuarto se relaciona a los fósiles.

- **La Variación Genética.** Existe una tremenda diversidad genética dentro de casi todas las especies, incluyendo la especie humana. No existen dos individuos que tengan la misma secuencia de ADN, con la excepción de mellizos idénticos y de clones. Esta variación genética contribuye a la variación fenotípica, es decir, a la diversidad en la apariencia externa y en el comportamiento de individuos de la misma especie.
- **La Adaptación.** Los organismos vivientes tienen características morfológicas, bioquímicas y comportamentales que les permiten adaptarse a las condiciones de los ambientes en donde normalmente se encuentran. Por ejemplo, considere los huesos huecos y las plumas de las aves, características que les permiten volar, o la coloración críptica que le permite a muchos organismos esconderse de sus depredadores. Estas características pueden dar la apariencia superficial de que los organismos fueron diseñados por un creador (o un ingeniero) para vivir en un ambiente particular. La biología evolucionaria ha demostrado que las adaptaciones aparecen a través de la selección actuando sobre la variación genética.
- **La Divergencia.** Todas Las especies vivientes difieren las unas de las otras. En algunos casos, estas diferencias son muy sutiles, mientras que en otros casos las diferencias son dramáticas. Carl Linnaeus (Carl von Linné) (1707-1778) propuso un sistema de clasificación que aún se utiliza con algunos cambios menores. En el esquema moderno, las especies similares se agrupan en géneros, los géneros similares en familias, y así sucesivamente. Este patrón jerárquico de relaciones produce una configuración parecida a un árbol, lo cual implica un proceso de separación y divergencia a partir de un ancestro común.

- **Las Especies fósiles.** Los fósiles son los restos mineralizados o las impresiones dejadas por organismos que vivieron en el pasado remoto. Muchos fósiles, como los trilobites y los dinosaurios, pertenecen a grupos que ya no existen en ninguna parte de la Tierra. Recíprocamente, muchas especies modernas se parecen a algunos fósiles. Sin embargo, no se han encontrado fósiles de las especies modernas en las rocas de las edades correspondientes. La edad de la Tierra se estima en unos 4.5 millardos (4.5 mil millones) de años, con los fósiles de bacterias más antiguos estimados a 3.5 millardos de años. Los fósiles de aproximadamente 550 millones de años de edad (provenientes del Periodo Cambriano) muestran un ensamblaje diverso de animales multicelulares.

La biología evolucionaria provee el marco científico para comprender los cambios que han ocurrido desde que las primeras formas de vida aparecieron en la Tierra varios millardos de años atrás. Los bioquímicos, los geólogos y los físicos buscan explicaciones naturales para el origen de la vida en la Tierra. A pesar de que se ha avanzado en esta área, el origen de la vida continúa siendo una pregunta interesante aunque no respondida aún.

Los Mecanismos de la Evolución

La evolución biológica resulta de los cambios a través del tiempo en la constitución genética de las especies. A menudo, pero no siempre, los cambios genéticos producen cambios notables en la apariencia o en el comportamiento de los organismos. La evolución requiere tanto la producción de variación como la dispersión de variantes que reemplacen a otras.

- La variación genética aparece como consecuencia de dos procesos, la mutación y la recombinación. La mutación ocurre cuando el ADN se copia con errores durante la replicación, lo cual conlleva a una diferencia entre el gen de los padres y el mismo de los hijos. Algunas mutaciones solo afectan a un pedacito del ADN; otras producen reorganizaciones de grandes bloques del ADN.
- La recombinación ocurre cuando los genes de ambos padres se mezclan para producir descendientes, tal y como sucede regularmente en la reproducción sexual. Generalmente, los dos padres pertenecen a la misma especie, pero algunas veces (especialmente en bacterias) los genes se mueven entre organismos que están menos relacionados.
- El destino de cualquier variante genética depende de dos procesos, la deriva y la selección. La deriva se refiere a las fluctuaciones al azar en la frecuencia de los genes y sus efectos a menudo se observan al nivel del ADN. El lanzar una moneda diez veces no siempre produce exactamente cinco caras y cinco cruces (o sellos); la deriva se refiere al mismo tema estadístico aplicado a la transmisión de variantes genéticas a través de generaciones.
- El principio de la selección natural fue descubierto por Charles Darwin (1809-1882). La selección natural es el proceso por el cual los organismos se adaptan a sus ambientes. La selección ocurre cuando algunos organismos individuales poseen genes que codifican características físicas o comportamentales que les permiten ser mejores en, por ejemplo, encontrar recursos y evitar depredadores, relativo a otros individuos que no llevan los mismos genes. Los individuos que tienen estas características útiles tenderán a producir más prole que otros individuos, de manera tal que, con el tiempo, los genes responsables se hacen más comunes, llevando a la población como un todo a estar mejor adaptada.
- La especiación es el proceso evolutivo que confunde más a la gente. La especiación no es un mecanismo separado, sino una consecuencia de los mecanismos que ya mencionamos, actuando en el tiempo y en el espacio. La especiación ocurre cuando una

población cambia lo suficiente en el tiempo que se hace conveniente referirse a los dos estadios (el temprano y el tardío) con nombres diferentes. La especiación también ocurre cuando una población se divide en dos formas diferentes que no pueden entrecruzarse. El aislamiento reproductivo no ocurre por lo general en una sola generación; puede requerir muchos miles de generaciones cuando, por ejemplo, una porción de la población se ve geográficamente separada del resto, adaptándose a un nuevo ambiente. Con suficiente tiempo, es inevitable que dos poblaciones que viven separadas van a divergir por mutación, deriva y selección, hasta que eventualmente sus genes no sean ya compatibles para que ocurra una reproducción exitosa.

La Evidencia de la Evolución y su Significado en nuestras Vidas

Es imposible detallar toda la evidencia de la evolución en un artículo tan corto como este. Sin embargo, los ejemplos que se presentan a continuación ofrecen una muestra de los tipos de evidencia que se ha descubierto y que han sido confirmados repetidamente por los científicos. Estos ejemplos también ilustran la importancia de esta evidencia para la ciencia y, más generalmente, para la sociedad.

- **Evidencia de los fósiles.**

Basada en la gran cantidad de similitudes y diferencias entre las especies vivientes, la biología evolucionaria hace predicciones sobre las características de las formas ancestrales. Por ejemplo, numerosas características indican que las aves se derivaron de ancestros reptiles. En contraste, estos datos rechazan la posibilidad de que las aves se hayan derivado de otros grupos, tales como de los insectos voladores. Los científicos han encontrado aves fósiles con plumas y patas muy similares a las de las aves modernas, pero que también tienen dientes, garras en los dígitos de las extremidades anteriores y un hueso de la cola similar al de los ancestros reptiles. Los fósiles forman una evidencia de particular importancia para la evolución porque, con muy poco esfuerzo, cada uno de nosotros puede usar sus ojos y su mente para observar e interpretar a los dinosaurios y a otros fósiles antiguos en los museos públicos.

- **Evidencia de la genética.** El genoma de todos los organismos contiene evidencia abrumadora de la evolución. Todas las especies vivientes comparten el mismo mecanismo básico de la herencia, utilizando el ADN (o el ARN en algunos virus) para codificar genes que son pasados de progenitores a descendientes, y los cuales son transcritos y traducidos a proteínas durante la vida del organismo. Por medio del uso de las secuencias de ADN, los biólogos pueden cuantificar las diferencias entre especies y determinar así cuán cerca está una especie relacionada a otra y cuáles son más distantes. Al hacer esto, los biólogos utilizan esencialmente la misma evidencia y lógica usada en la determinación de paternidad durante demandas legales. El patrón de relación genética entre todas las especie es similar al de un árbol con muchas ramas, lo cual indica la divergencia comenzando con un ancestro común. Dentro de este árbol de la vida, existen reticulaciones ocasionales donde dos ramas se funden en vez de separarse. (Por ejemplo, las mitocondrias son organelos que se encuentran dentro de las células de las plantas y de los animales. Las mitocondrias tienen sus propios genes, los cuales son más similares a los genes de las bacterias que a los genes de los cromosomas en el núcleo de las células. Así, uno de nuestros ancestros distantes apareció como resultado de una simbiosis entre dos tipos de célula diferentes). La similitud genética entre las especies, la cual existe como el resultado de la evolución a partir de una forma ancestral común, es un hecho esencial que es fundamental para la investigación biomédica. Esta similitud nos permite comenzar a entender los efectos de nuestros propios genes por medio de la investigación en genes de otras especies. Por ejemplo, se ha descubierto que los genes que controlan el proceso de reparación del ADN en bacterias, moscas y ratones pueden influenciar a ciertos tipos de cáncer en

humanos. Estos descubrimientos sugieren estrategias de intervención que pueden ser exploradas en otras especies antes de ser probadas en los humanos.

- **Evolución en acción.**

El cambio evolucionario continúa hoy en día, y continuará procediendo siempre que exista la vida. En años recientes muchos patógenos bacterianos han desarrollado resistencia a los antibióticos que se usan para curar las infecciones, lo cual ha requerido el desarrollo de tratamientos nuevos más efectivos y más costosos. En algunos casos preocupantes, las bacterias han evolucionado resistencia a todos los antibióticos en existencia, por lo que no existe ningún tratamiento efectivo disponible. En el caso del VIH, el cual causa el SIDA, una cantidad significativa de evolución viral ocurre dentro del curso de la infección en individuos. Esta evolución rápida es la que le permite al virus evadir al sistema inmune. Muchas plagas agrícolas han evolucionado resistencia a los químicos que los agricultores han usado por apenas algunas pocas décadas. Mientras trabajamos en el control de enfermedades y pestes, los organismos responsables han estado evolucionando formas de escapar a nuestros controles. Más aún, nuestros científicos pueden llevar a cabo experimentos para estudiar esta evolución en tiempo real, de la misma manera que se estudian otros procesos dinámicos en la física, la química y en otras ramas de la biología. Para estudiar la evolución en acción los científicos utilizan organismos tales como bacterias y moscas de la fruta, los cuales se reproducen rápidamente y que permiten así observar cambios que requieren muchas generaciones.

Conclusiones

La biología evolutiva es un vigoroso y robusto campo de la ciencia. Es un marco teórico que abarca varios mecanismos básicos consistentes con los patrones que vemos en la naturaleza y existen abundantes evidencias que demuestran la acción de estos mecanismos así como sus contribuciones a la naturaleza. Por lo tanto, la evolución es tanto una teoría como un conjunto de hechos establecidos que son explicados por la teoría.

Así como es común en otros campos científicos, existe un debate científico sobre algunos aspectos de la evolución, pero es poco probable que estos debates puedan afectar a la bases de este campo. No existe ninguna otra explicación científica que pueda dar cuenta de todos los patrones en la naturaleza. Solamente existen otras explicaciones no científicas que requieren la acción de una fuerza milagrosa, tal como un creador. Estas explicaciones sobrenaturales caen fuera de la ciencia, la cual no puede ni probar ni refutar a los milagros. La ciencia nos provee con una poderosa teoría y una explicación sobre los cambios en la vida en la Tierra. También debería recordarnos de nuestra buena fortuna de haber aparecido en este mundo y de nuestra gran responsabilidad en la continuación de la vida en el planeta.

© 2000, American Institute of Biological Sciences. Los educadores tienen permiso de reimprimir artículos para su uso en las clases; otros usuarios por favor comunicarse con [el editor](#) para solicitar permisos de reimpresión. Por favor ver [políticas de reimpresión](#).

Sobre el autor: El doctor Richard E. Lenski ha escrito más de 100 artículos en ecología, genética y evolución. Él es académico (fellow) de la Academia Americana de Artes y Ciencias, de la Academia Americana de Microbiología y de la Fundación McArthur. Él también es Profesor Hanna de Ecología Microbiana en la Universidad Estatal de Michigan.
<http://www.msu.edu/~lenski/>



Ayuda de impresión: hemos recibido comentarios sobre dificultades en imprimir artículos desde Netscape.

Si esto le ocurre a usted, por favor use Internet Explorer.

Por favor vea el artículo original en inglés para enterarse más sobre el tópico del artículo o para tener acceso a la lección que lo suplementa. (Enlaces y lecciones no han sido traducidas.)

[Cierre esta página](#) O...

[Este artículo en inglés](#)

[Directorio de artículos en español](#)

[la página principal](#)

▼ Referencias generales del artículo:

Estas referencias están en inglés. Las referencias no han sido traducidas al español dado que la mayoría de los artículos citan fuentes en el idioma inglés.

- » Bohannan, B. J.M., and R.E. Lenski. 2000. "Linking genetic change to community evolution: Insights from studies of bacteria and bacteriophage." *Ecology Letters* 3:362-377.
- » Dawkins, Richard. 1976. *The Selfish Gene*. Oxford University Press, Oxford and New York.
- » Elena, S.F., V.S. Cooper, and R.E. Lenski. 1996. "Mechanisms of punctuated evolution." (Technical Comment). *Science* 274:1749-1750
- » Futuyma, Douglas J. 1983. *Science on Trial: The Case for Evolution*. Pantheon, New York.
- » Gould, Stephen Jay. 1989. *Wonderful Life: The Burgess Shale and the Nature of History*. W.W. Norton, New York.
- » Lenski, R.E. 2000. "Evolution, theory and experiments." Vol. 2, pp. 283-298 in J. Lederberg, editor. *Encyclopedia of Microbiology*, 2nd edition. Academic Press, San Diego.
- » Lenski, R.E. 1998. "Bacterial evolution and the cost of antibiotic resistance." *International Microbiology* 1:265-270.
- » Nakatsu, C.H., R. Korona, R.E. Lenski, F. de Bruijn, T.L. Marsh, and L.J. Forney. 1998. "Parallel and divergent genotypic evolution in experimental populations of *Ralstonia* sp." *Journal of Bacteriology* 180:4325-4331.
- » Nesse, Randolph M. & George C. Williams. 1994. *Why We Get Sick: The New Science of Darwinian Medicine*. Times Books, New York.
- » Papadopoulos, D., D. Schneider, J. Meier-Eiss, W. Arber, R.E. Lenski, and M. Blot. 1999. "Genomic evolution during a 10,000-generation experiment with bacteria." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 96:3807-3812
- » Vulic, M., R.E. Lenski, and M. Radman. 1999. "Mutation, recombination and incipient speciation of bacteria in the laboratory." *Proceedings of the National Academy of Sciences, USA* 96:7348-7351.
- » Weiner, Jonathan. 1995. *The Beak of the Finch: A Story of Evolution in Our Time*. Vintage Books, New York.

[Cierre esta página](#)